

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

**0 191 196
A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 85201787.0

(51) Int. Cl.⁴: **B27K 3/15** , **B27K 3/08** ,
G10C 3/06 , **G10D 3/02**

(22) Anmeldetag: 05.11.85

(30) Priorität: 13.02.85 DE 3504898

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.08.86 Patentblatt 86/34

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI

(71) Anmelder: **Rütgerswerke Aktiengesellschaft**
Mainzer Landstrasse 217
D-6000 Frankfurt a.Main 1(DE)

(72) Erfinder: **Giebeler, Eberhard, Dr.**
Langensiepenstrasse 30
D-4330 Mülheim (Ruhr)(DE)
Erfinder: **Wilhelm, Gerhard, Dr.**
Stahlbühlring 80
D-6802 Ladenburg(DE)

(54) Verfahren zur Vergütung von Holz sowie Verwendung des vergüteten Holzes.

(57) Holz, das sich insbesondere zur Herstellung von Klangkörpern eignet, wird nach einem Verfahren vergütet, bei dem kurz vor oder während einer thermischen Behandlung unter Druck geringe Mengen reaktiver Bausteine duroplastischer Polymere in das Holz eindringen.

EP 0 191 196 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vergütung von Holz hinsichtlich seiner Dimensionsstabilität und seiner Resonanzeigenschaften.

Diese Eigenschaften sind von besonderer Bedeutung, wenn Holz zur Herstellung von Klangkörpern, wie Musikinstrumenten, Gehäusen von hochwertigen elektroakustischen Anlagen oder Verkleidungsplatten von Konzertsälen verwendet wird. Für diese Verwendungszwecke wird einerseits nur lange gelagertes, besonders ausgesuchtes sog. Resonanzholz mit möglichst gleichmäßigem Aufbau der Jahresringe eingesetzt. Dieses Holz ist sehr rar und teuer. Andererseits versucht man, die Qualität normaler Hölzer durch Lackieren, Imprägnieren oder Behandeln zu verbessern. Lackieren oder Imprägnieren von Holz hat nur einen mäßigen Einfluß auf die Dimensionsstabilität und verschlechtert zudem die Resonanzeigenschaften, weil die Poren und Kapillaren des Holzes verstopft und damit die Klangeigenschaften reduziert werden. Beim Behandeln von Holz, etwa gemäß DE-PS 878 553 oder insbesondere EP-B-0 018 446 wird zwar die notwendige Dimensionsstabilität auch dann erhalten, wenn nicht besonders ausgewähltes Holz ohne vorherige Alterung behandelt wird, die Klangeigenschaften aber werden im wesentlichen nur insoweit verbessert, als infolge geringerer Schrumpf- und Quelleffekte bei wechselnder Feuchtigkeitseinwirkung die Resonanzeigenschaften konstanter bleiben.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Vergütung von Holz bereitzustellen, bei dem bei normalem, nicht vorgealtertem Holz ein von wechselnden Witterungseinflüssen nicht beeinträchtigtes, verbessertes Resonanz- und Klangverhalten erzielt wird, das dem alter und ausgesuchter Resonanzhölzer entspricht.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß der Ansprüche 1 bis 6. Das gemäß dem Verfahren vergütete Holz wird erfindungsgemäß zur Herstellung von Klangkörpern verwendet.

Bei der Alterung von Holz laufen zwei Prozesse ab: Gewisse Holzbestandteile, vorwiegend Hemicellulosen, werden abgebaut. Da diese Stoffe hauptsächlich für das Quellverhalten verantwortlich sind, verbessern sich dadurch klimabedingte Schwankungen.

Zudem tritt eine gewisse Verhärtung des Holzes auf. Bei Holz mit guten Resonanzeigenschaften verlaufen diese Prozesse in der Art, daß sich gleichmäßige Kapillaren mit verstärkten Wandungen ausbilden, die letztendlich für die gleichförmigen, nahezu ungedämpften Schwingungen und damit für die guten Klangeigenschaften ausschlaggebend sind.

Es wurde gefunden, daß sich dieser langjährige, natürliche Prozeß künstlich beschleunigen und gezielt steuern läßt, wenn man im Reaktor parallel verlaufend einen Abbau von Holzbestandteilen und einen Aufbau von Polymeren in den Kapillaren des Holzes bewirkt, wobei das sich bildende Polymer in so geringen Mengen entsteht, daß es lediglich die Wandungen der Kapillaren verstärkt, keinesfalls aber die Kapillaren verstopft; d.h. es dürfen auf den Kapillarwandungen lediglich mono- oder oligomolekulare Schichten an Polymer entstehen, Schichten, die so dünn sind, daß sie helfen, Schwingungen zu übertragen, ohne daß eine zusätzliche unerwünschte Klangdämpfung entsteht.

Erzielt wird dies erfindungsgemäß dadurch, daß in die Kapillarräume des Holzes geringe Mengen reaktiver Bausteine eingebracht werden, die miteinander und mit Bestandteilen des Holzes zu duroplastischen Polymeren reagieren können und daß diese Bausteine in einer gleichzeitig

oder kurz darauf erfolgenden thermischen Behandlung unter Druck zu den entsprechenden Polymeren reagieren, während bei der gleichen Behandlung andere, instabile Holzbestandteile abgebaut werden.

5 Ausgangsmaterial für das erfindungsgemäße Verfahren ist normales rißfreies Kernholz, dessen Wassergehalt nicht mehr als 10 Gew.-% beträgt. Der bevorzugte Wassergehalt liegt bei 2 bis 5 Gew.-%. Die Holzart ist nicht von Bedeutung, so daß aus billigem Pappel-, Fichten- oder Kiefernholz hochwertiges vergütetes Holz hergestellt werden kann. Auch an die Güte des Ausgangsholzes werden, abgesehen davon, daß es keine groben Fehlstellen wie etwa Astlöcher haben darf, keine besonderen Anforderungen gestellt.

10 Reaktive Bausteine duroplastischer Polymere sind monomere chemische Substanzen, die in der Wärme mit anderen reaktiven Bausteinen oder mit Holzinhaltstoffen zu duroplastischen Polymeren reagieren können.

Beispiele für derartige Substanzen, die mit Holzinhaltstoffen reagieren können, sind Aldehyde wie Form- oder Acetaldehyd, Ketone, Epichlorhydrin, Acrylsäure, Maleinsäure oder -anhydrid.

Andere reaktive Bausteine wie Harnstoff, Furfurylalkohol, Melamin oder Phenol bzw. Phenolderivate wie Kresole oder Xylenole benötigen als Coreaktanten einen Aldehyd oder ein Keton. In diesem Falle müssen beide miteinander umzusetzenden Bausteine in die Kapillaren des Holzes eingebracht werden. Als bevorzugte reaktive Bausteine werden Phenol und Formaldehyd eingesetzt.

25 Zum Einbringen der Reaktionspartner in das Holz gibt es verschiedene Möglichkeiten: Das Holz kann mit einer Lösung eines reaktiven Bausteins in Wasser oder einem organischen Lösemittel getränkt und anschließend getrocknet werden oder das Holz wird in einem engen abgeschlossenen Volumen, etwa in eine Folie eingewickelt, zusammen mit einem oder mehreren gasförmigen und/oder verdampfenden Reaktanten gelagert, so daß dieser oder diese durch Diffusion in die Kapillaren des Holzes eindringen. Beide Methoden sind sehr zeitraubend. Es ist daher bevorzugt, den oder die reaktiven Bausteine in einem Reaktor über die Dampfphase in das Holz einzubringen. Dies kann dadurch erfolgen, daß an den mit Holz beschichteten Reaktor ein Vakuum angelegt und danach entspannt wird, wobei das dazu in den Reaktor eingeleitete Gas entweder ein gasförmiger reaktiver Baustein ist oder ein einen reaktiven Baustein enthaltendes inertes Trägergas. In der einfachsten Ausführung werden die reaktiven Bausteine gleichzeitig mit dem Holz in den Reaktor eingegeben, verdampfen während der Aufheizphase des Reaktors und dringen, unterstützt durch den aufgetragenen Druck, in die Kapillaren des Holzes ein.

30 Werden zwei miteinander reagierende reaktive Bausteine duroplastischer Polymere in das Holz eingebracht, so können diese bei Temperaturen unterhalb ihrer Reaktionsschwelle, gemeinsam oder getrennt eingebracht werden. Bei den bevorzugt verwendeten reaktiven Bausteinen Phenol und Formaldehyd wird eine besonders intensive Vergütung dadurch erreicht, daß in einem ersten Behandlungsschritt Holz mit etwa 2 Gew.-% Phenol im Reaktor auf etwa 80°C erwärmt und dann bis zu einem Druck von 25 bis 100 mbar evakuiert wird, nach etwa 15 min mit Stickstoff entspannt, erneut evakuiert und nach weiteren 10 bis 15 min mit einem mit bis zu 10 Vol.-% mit Formaldehydgas beladenen Stickstoff entspannt wird. Danach wird der Reaktor auf eine Temperatur im Bereich von 140 bis 200°C erhitzt und durch Einpressen von vorgewärmten Stickstoff ein Enddruck von 3 bis 15 bar eingestellt. Nach Erreichen der gewün-

schten Druck- und Temperaturwerte werden diese Reaktionsbedingungen noch 0,5 bis 8 h aufrechterhalten. Danach wird entspannt und das vergütete Holz ist nach dem Abkühlen direkt zur weiteren Bearbeitung zur Herstellung von Klangkörpern einsetzbar.

Während der Druck-Wärme-Behandlung werden hydrolysierende Bestandteile des Holzes, vorwiegend Hemicellulosen abgebaut. Als Reaktionsprodukte entstehen dabei u.a. auch Säuren, wie z.B. Ameisen- oder Essigsäure, die ihrerseits die Kondensationsreaktion des Phenols mit Formaldehyd katalysieren. Dadurch läuft diese Kondensationsreaktion bevorzugt an den Kapillarwänden ab. Andere Reaktionsprodukte wie Furfurylalkohol oder phenolische Komponenten können ihrerseits wieder mit dem in die Kapillaren eingebrachten Formaldehyd reagieren und vernetzen. Dadurch, daß diese Stoffe unter den erfindungsgemäßen Bedingungen bereits vernetzen, solange sie sich noch in den Wandungen der Holzfasern und -Kapillaren befinden, tragen sie ebenfalls dazu bei, diese Kapillarwänden zu verstärken und zu verhärten und damit die Schwingungseigenschaften zu verbessern. Es bildet sich somit ein vergütetes, verstärktes Holz, das von Witterungsschwankungen unabhängig, in seinen klanglichen Eigenschaften dem alter, guter Musikinstrumente entspricht. Diese akustischen Eigenschaften können noch verbessert werden, wenn während der Druck- und Temperaturbehandlung Schwingungen im Bereich von 16 bis 4000 Hertz auf das Holz einwirken.

Die nachfolgenden Beispiele zeigen die Verbesserungen der Klangeigenschaften erfindungsgemäß vergüteter Hölzer, und damit die besondere Eignung der so vergüteten Hölzer zur Herstellung von Klangkörpern.

Beispiel 1

3 mm starke Fichtensägefumiere in den Abmessungen 600 x 300 mm mit Maserungsverlauf parallel zur Längsrichtung und senkrecht zum Querschnitt (Radialschnitt) und ca. 2 mm Abstand von Jahresring zu Jahresring werden auf 5 % Feuchte vorgetrocknet und in einem Autoklaven innerhalb 15 min auf 170°C erhitzt. Als Wärmeträger dient erhitzter Stickstoff, der auf 9 bar komprimiert ist. Gleichzeitig mit dem Holz werden in zwei getrennten Schalen 37 %ige Formaldehydlösung und Phenol in ausreichenden Mengen vorgelegt, um eine gesättigte Gasraumbeladung zu erzielen. Nach weiteren 45 min wird der Druck innerhalb von 15 min auf Atmosphärendruck reduziert, die Kreislaufweise des Inertgases unterbrochen und die Proben dem Autoklaven entnommen. (Probe 1.1)

Nach Lagerung (14 Tage bei 20°C und 60% Luftfeuchte) werden die Proben mit unbehandelten Vergleichsproben verglichen. Die Vergleichsproben stammen jeweils aus dem benachbarten Radialschnitt und sind damit in der Maserung und allen anderen maßgeblichen Eigenschaften mit dem zur Vergütung verwendeten Ausgangsmaterial übereinstimmend. (Probe 1.2) Weiterhin werden die Proben mit solchen Proben verglichen, die der gleichen Temperatur- und Druckbehandlung unterworfen, aber nicht mit Phenol und Formaldehyd beladen worden waren. (Probe 1.3)

Die akustische Untersuchung der Proben wird in einem Biegeschwingsmeßgerät in Anlehnung an DIN 53440 durchgeführt. Die Proben werden einseitig aufgespannt und über ein aufgeklebtes Metallplättchen elektromagnetisch in Schwingungen versetzt. Die freischwingende Länge beträgt 180 mm.

Ergebnis

	Probe	Dichte (kg/m ³)	Resonanz- frequenz (Hz)	E-Modul · 10 ¹⁰ (N/m ²)	E/Dichte · 10 ⁶ (m ² /s ²)	Verlust- faktor
20						
25	1.1	480	112	1,36	28,3	0,0082
			697	1,38	28,7	0,0089
			1955	1,37	28,5	0,012
	1.2	465	109	1,26	27,1	0,0085
			687	1,28	27,4	0,0086
30			1920	1,26	27,1	0,01
	1.3	450	106	1,18	26,2	0,0092
			657	1,15	25,5	0,011
			1835	1,14	25,3	0,013

Die thermisch behandelte und mit reaktiven Bausteinen duroplastischer Polymere beladene Probe (1.1) erfährt eine Dichteerhöhung um etwa 2 %. Der Biegeelastizitätsmodul ist um 10 - 20 % gestiegen. Der Verlustfaktor wird im Vergleich zur unbehandelten Probe 1.2 leicht verbessert. Das für die Schwingungswellenausbreitungsgeschwindigkeit maßgebliche Verhältnis Elastizitätsmodul/Dichte ist bei Probe 1.1 am höchsten. Ebenfalls sind die Resonanzfrequenzen zu höheren Werten hin verschoben.

Beim Klopfen an die Proben (Klopfversuch) klingt Probe 1.1 gegenüber den Proben 1.2 und 1.3 heller und ungedämpfter. Dieser psychoakustische Effekt ist auch dann wahrnehmbar, wenn entsprechend behandelte Hölzer zu Resonanzdecken an Böden von Streich- und Zupfinstrumenten verarbeitet werden. Entsprechend hergestellte Instrumente entsprechen in ihrer Klangqualität hochwertigen, alten Instrumenten. Die Klangeigenschaften sind von Feuchtigkeits- und Witterungsänderungen nicht beeinflusst.

Beispiel 2

5 Analog Beispiel 1.1 werden Holzproben thermisch in Gegenwart von Phenol und Formaldehyd behandelt, wobei jedoch die Behandlungsbedingungen wie folgt variiert werden:

Behandlungszeit 75 min

10 Behandlungstemperatur 190°C

Druck 11 bar

15 Die so vergüteten Proben (2.1) werden mit unbehandelten Vergleichsproben (2.2) verglichen.

20

Probe	Dichte (kg/m ³)	Resonanz- frequenz (Hz)	E-Modul · 10 ¹⁰ (N/m ²)	E/Dichte · 10 ⁶ (m ² /s ²)	Verlust- faktor
2.1	435	114	1,23	28,3	0,0076
		715	1,21	27,8	0,0098
		1990	1,19	27,3	0,009
2.2	400	111	1,06	26,5	0,0089
		696	1,05	26,2	0,009
		1940	1,04	26	0,01

Tendenziell wird der gleiche günstige Vergütungseffekt auf das Verhältnis E/Dichte wie in Beispiel 1 auch bei 190°C erzielt. Psychoakustisch klingt Probe 2.1 beim Klopfversuch heller als Probe 2.2, aber auch heller als Probe 1.1.

Beispiel 3

45 Eine Probe Redwoodholz wird wie in Beispiel 1.1 behandelt (3.1). Die vergleichende akustische Untersuchung mit unbehandeltem Holz (3.2) ergibt die folgenden Werte:

50

55

60

65

4

Probe	Dichte (kg/m ³)	Resonanz- frequenz (Hz)	E-Modul · 10 ¹⁰ (N/m ²)	E/Dichte · 10 ⁶ (m ² /s ²)	Verlust- faktor
3.1	435	86	0,84	19,3	0,0064
		544	0,85	19,5	0,013
		1509	0,83	19,1	0,0086
		2900	0,8	18,4	0,0096
3.2	400	74	0,56	14	0,0096
		478	0,6	15	0,0079
		1360	0,62	15,5	0,0076
		2620	0,58	14,5	0,0088

25

Beispiel 4

Eine Probe Zedernholz wird wie in Beispiel 1.1. behandelt. (4.1) Eine Vergleichsprobe wird der gleichen Druck- und Temperaturbehandlung unterworfen, aber nicht in Gegenwart von Phenol und Formaldehyd. Nach dieser rein thermischen Vergütung wird die Vergleichsprobe 7 Tage bei 80°C in einer mit Phenol und Formaldehyd gesättigten

30

Atmosphäre gelagert, um eine molekulare Adsorption dieser Komponenten zu ermöglichen. Anschließend wird diese Probe 8 h bei 120°C in einer gesättigten Phenol-, Formaldehyd- und Essigsäureatmosphäre erhitzt (Probe 4.2). Die Proben 4.1 und 4.2 werden mit unbehandelten Nullproben (4.3) akustisch verglichen. Die Biegeschwingungsmessungen werden an Prüfstäben der Abmessungen 3 mm x 10 mm x 200 mm durchgeführt.

35

40

45

50

55

60

65

5

Probe	Dichte (kg/m ³)	Resonanz- frequenz (Hz)	E-Modul · 10 ¹⁰ (N/m ²)	E/Dichte · 10 ⁶ (m ² /s ²)	Verlust- faktor
4.1	375	319	0,670	17,8	0,0056
		875	0,630	16,8	0,0089
		1745	0,665	17,7	0,0086
		2970	0,72	19,2	0,0090
4.2	375	295	0,525	14,0	0,005
		800	0,482	12,8	0,0065
		1600	0,507	13,5	0,0080
		2725	0,537	14,3	0,0080
		4140	0,550	14,6	0,0370
4.3	380	315	0,626	16,47	0,0041
		855	0,590	15,5	0,0067
		1710	0,610	16,0	0,0078
		2850	0,630	16,5	0,0080

35

Beispiel 5

Fichtenresonanzholz wird wie die Vergleichsprobe in Beispiel 2 bei 11 bar und 190°C 75 min lang behandelt,

a. in einer reinen Inertgasatmosphäre (Probe 5.1)

b. in einer mit 2 Vol % Formaldehyd angereicherten Inertgasatmosphäre (Probe 5.2)

40

Die akustische Auswertung im Vergleich mit einer unbehandelten Probe (5.3) ergibt bei der Biegeschwingungsmessung an Proben der Abmessung 4 mm x 10 mm x 200 mm folgende Werte.

45

50

55

60

65

Probe	Dichte (kg/m ³)	Resonanz- frequenz (Hz)	E-Modul · 10 ¹⁰ (N/m ²)	E/Dichte · 10 ⁶ (m ² /s ²)	Verlust- faktor
5.1	455	543	1,09	24,0	0,011
		1480	1,02	22,4	0,010
		2870	1,01	22,2	0,011
		4780	1,01	22,2	0,041
5.2	450	547	1,11	24,6	0,007
		1490	1,05	23,3	0,010
		2900	1,02	22,6	0,010
		4820	1,03	23,0	0,04
5.3	510	542	1,22	23,9	0,009
		1470	1,14	22,3	0,010
		2830	1,1	21,5	0,013
		4715	1,11	21,7	0,050

Ansprüche

1. Verfahren zur Vergütung von Holz, dadurch gekennzeichnet, daß während oder kurz nach dem Eindringen geringer Mengen reaktiver Bausteine duroplastischer Polymere in die Kapillaren des Holzes eine Behandlung bei Temperaturen von 140 bis 200°C und Drücken von 3 bis 15 bar erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wassergehalt des eingesetzten Holzes nicht mehr als 10 Gew.-% beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß 0,1 bis 2,5 Gew.-%, bezogen auf das Trockengewicht des Holzes, an reaktiven Bausteinen duroplastischer Polymere in das Holz eingebracht werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die reaktiven Bausteine mit dem Holz in den Reaktor eingebracht werden, während der Aufheizphase des Reak-

tors verdampfen und, unterstützt durch den aufgebrachtten Druck, in die Kapillaren des Holzes eindringen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Holz in einer Vakuumkammer unter Vakuum behandelt wird, der Druckausgleich mittels gasförmigem Furfurylalkohol, Phenol oder Phenolderivat oder mittels Phenol oder einem mit Phenol beladenen Trägergas erfolgt, danach erneut unter Vakuum behandelt wird, der zweite Druckausgleich mittels gasförmigem Aldehyd oder einem mit einem Aldehyd beladenen Trägergas erfolgt und danach das Holz während 0,5 bis 8 h bei Temperaturen von 140 bis 200°C und Drücken von 3 bis 15 bar behandelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Druck- und Temperaturbehandlung des Holzes Schwingungen im Bereich von 16 bis 4000 Hertz auf das Holz einwirken.

7. Verwendung des nach den Ansprüchen 1 bis 6 vergüteten Holzes zur Herstellung von Klangkörpern.

35

40

45

50

55

60

65

7



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 85201787.0
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
X	DE - B - 1 013 061 (THE DOW CHEMICAL) * Ansprüche 1,4; Spalte 3, Zeilen 4-14; Spalte 4, Zeilen 21-31; Spalte 5, Zeilen 4-32 *	1,4,5	B 27 K 3/15 B 27 K 3/08 G 10 C 3/06 G 10 D 3/02
X	GB - A - 1922 A.D.1908 (BAEKELAND) * Seite 1, Zeilen 32-40; Seite 3, Zeilen 19-38; Ansprüche 1, 2 *	1,4,5	
Y	DE - C - 545 044 (BONDY) * Seite 1, Zeilen 31-43 *	1,5,7	
A	AT - B - 311 033 (ERIKSSON) * Ansprüche 1,5 *	1,5	
D,A	EP - A1 - O 018 446 (RÜTGERSWERKE) * Ansprüche 1-4,8; Spalte 4, Zeilen 6-20 *	1,2,5	
A	DE - C3 - 2 055 164 (ÖSTERR. STUDIENGESellschaft FÜR ATOMENERGIE) * Anspruch *	1,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 21-05-1986	Prüfer SCHÄFER
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPA Form 1503 03/82